

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-243848

(43)Date of publication of application : 19.09.1997

(51)Int.Cl.

G02B 6/18

G02B 5/18

G02B 6/10

G02B 6/16

(21)Application number : 08-047513

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 05.03.1996

(72)Inventor : ITO MASUMI

IKECHI MAKI

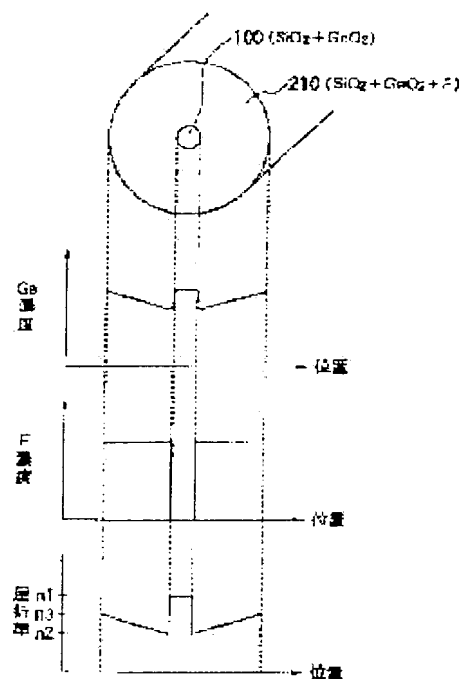
ENOMOTO TADASHI

## (54) OPTICAL FIBER AND FIBER TYPE DIFFRACTION GRATING

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to form fiber type diffraction gratings having sufficiently high reflectivity by irradiation with UV light.

SOLUTION: This optical fiber has a core 100 which consists of quartz glass added with germanium oxide and has a first refractive index and first outside diameter and a clad 210 which is formed around this core 100 in tight contact with the core 100, has a second outside diameter of the diameter  $\geq 3$  times larger than the first outside diameter, consists of the quartz glass added with the germanium oxide and has a first region having the refractive index distribution of the refractive index not decreasing in the diametral direction and increasing in at least a part. Such optical fiber is irradiated with the interference fringes of the UV light from the side face, by which the diffraction gratings by a change in the refractive index having the fringe intervals of the interference fringes as periods are formed in the core 100 within the irradiated regions and the first region of the clad 210.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 2 4 3 8 4 8

(43) 公開日 平成9年(1997)9月19日

(51) Int. Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	6/18		G 0 2 B	6/18
	5/18			5/18
	6/10			6/10
	6/16			6/16

審査請求 未請求 請求項の数 5

O L

(全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-47513

(22) 出願日 平成8年(1996)3月5日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 伊藤 真澄

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 池知 麻紀

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 榎本 正

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

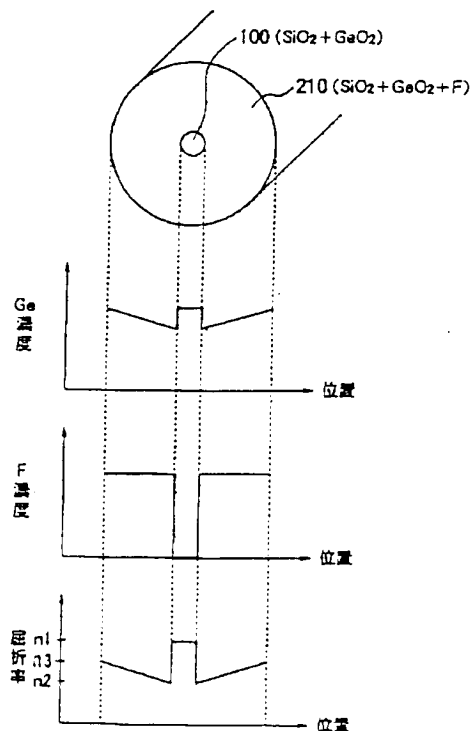
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 光ファイバおよびファイバ型回折格子

(57) 【要約】

【課題】 紫外光照射により、反射率の十分大きなファイバ型回折格子を形成できる光ファイバを提供する。

【解決手段】 本発明の光ファイバは、酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラスから成り、第1の屈折率と第1の外径を有するコア100と、コア100に密着して、コア100の周囲に形成され、第1の外径の3倍以上の径である第2の外径を有し、酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラスから成り、屈折率が径方向で減少せず、少なくとも一部で増加する屈折率分布を有する第1の領域を備えるクラッド210とを備える。この光ファイバに、側面から紫外光干渉縞の照射によって、照射領域内のコア100とクラッド210の第1の領域とに干渉縞の縞間隔を周期とする屈折率の変化による回折格子が形成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラスから成り、第 1 の屈折率と第 1 の外径を有するコアと、

前記コアに密着して、前記コアの周囲に形成され、前記第 1 の外径の 3 倍以上の径である第 2 の外径を有し、酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラスから成り、屈折率が径方向で減少せず、少なくとも一部では増加する屈折率分布を有する第 1 の領域を備えるクラッドと、を備えることを特徴とする光ファイバ。

【請求項 2】 前記クラッドは、前記第 1 の領域に密着し、前記第 1 の領域の周囲に形成された第 2 の領域を更に備え、

前記第 1 の領域の屈折率分布は径方向について単調増加であるとともに、前記第 2 の領域の屈折率は、前記第 1 の領域の最大屈折率以上の屈折率を有する、ことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 3】 前記第 1 の領域はフッ素が更に添加されている、ことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 4】 前記第 1 の領域の各部位の酸化ゲルマニウムの添加濃度は、いずれの部位においても前記コアの酸化ゲルマニウムの添加濃度以下である、ことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 5】 酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラスから成り、第 1 の屈折率と第 1 の外径とを有し、所定部分に光の伝搬方向に沿って屈折率が所定の周期で変化する回折格子を備えるコアと、

前記コアに密着して、前記コアの周囲に形成され、前記第 1 の外径の 3 倍以上の径である第 2 の外径を有し、酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラスから成り、屈折率が径方向で減少せず、少なくとも一部では増加する屈折率分布を有し、前記コアの前記所定部分の周囲部に光の伝搬方向に沿って屈折率が前記所定の周期で変化する

$$R = \tanh^2 (L \cdot \pi \cdot \Delta n_{uv} / \lambda)$$

… (1)

ここで、R：反射率

L：コア内に作り込まれた回折格子長

$\Delta n_{uv}$ ：紫外光に対する屈折率変化（光誘起屈折率変化）

$\lambda$ ：反射波長

のように、回折格子長（コア内において、屈折率が周期的に変化している領域の長さ）と光誘起屈折率変化に依存した反射率を備える。

【0006】しかし、紫外光の照射により生じたコアの屈折率変化により、光ファイバの導波構造が変化する。この導波構造の変化には、光の伝搬領域の径であるモードフィールド径（MFD）の変化と、光の伝搬モードの変化がある。

【0007】紫外光を照射して、酸化ゲルマニウムが添加されたコアの所定部分の屈折率を周期的に変化させた場合に、上記の従来の光ファイバのクラッドには酸化ゲ

回折格子を備える第 1 の領域を備えるクラッドと、を備えることを特徴とするファイバ型回折格子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、所定部位の屈折率を周期的に変化させて回折格子を作り込む光ファイバおよび回折格子が作り込まれたファイバ型回折格子に関するものである。

## 【0002】

10 【従来の技術】光学部品的一种として回折格子が作り込まれたものには種々の態様のものがあるが、光通信システム等に利用する場合には、特に、他の光ファイバとの接続が容易で、かつ挿入損失を低くするために回折格子が作り込まれた光ファイバ型のものが好適である。

【0003】こうした回折格子を有する光ファイバとしては、例えば特開昭 62-500052 号公報に記載のものが知られている。これは、酸化ゲルマニウムを添加して高屈折率のコアを形成した石英系光ファイバに強力な紫外光を照射することより、コアに周期的な屈折率変化を生じさせ、回折格子を形成したファイバ型回折格子である。

【0004】そして、石英系光ファイバは、(i) 酸化ゲルマニウムを添加して高屈折率のコアとなるべき部分と、(ii) 酸化ゲルマニウムを実質的に含まない低屈折率のクラッドなる部分とを備える光ファイバ母材を加熱線引して作製される。そして、こうした光ファイバ母材は、CVD 法、MCVD 法、OVD 法、あるいは、ロッドインチューブ法などの周知の方法によって製造される。

30 【0005】

【発明が解決しようとする課題】回折格子が作り込まれた光ファイバは、理想的には、反射率 R として、

ルマニウムが添加されていないので、紫外光を照射してもコアにおける屈折率変化に対して実質的な屈折率変化は発生しない。

【0008】したがって、導波構造として見た場合に、モードフィールド径が周期的に変化する導波構造となる。この導波構造においては、クラッドへの漏れ光が発生する。この漏れ光は、クラッドを伝搬するので、従来から得られていたファイバ型回折格子のように、回折格子がコア部のみに形成されているのでは、クラッドへの漏れ光は反射されず、ファイバ型回折格子としての反射率が (1) 式から低減することとなり十分な反射率を得ることができない。

【0009】本発明は、上記を鑑みてなされたものであり、紫外光照射により回折格子を書き込んで、反射率の十分大きなファイバ型回折格子を形成できる光ファイバを提供することを目的とする。

【0010】また、本発明は、十分大きな反射率を有するファイバ型回折格子を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明者は、ファイバ型回折格子の反射率の向上には、導波方向においてモードフィールド径の変化を低減するため、コアのみならずクラッドのコア周辺部にも回折格子を形成することが有効であることを見出した。そして、石英系ガラスの所定部分に、紫外光照射によって回折格子を形成するには、この所定部分に酸化ゲルマニウムを添加することが有効であるとともに、回折格子が形成されるクラッドのコア周辺部の径方向に関する屈折率分布の形状に適当な形状があることを見出した。

【0012】すなわち、請求項1の光ファイバは、

(a) 酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラスから成り、第1の屈折率と第1の外径を有するコアと、(b) コアに密着して、コアの周囲に形成され、第1の外径の3倍以上の径である第2の外径を有し、酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラスから成り、屈折率が径方向で減少せず、少なくとも一部では増加する屈折率分布を有する第1の領域を備えるクラッドと、を備えることを特徴とする。

【0013】請求項1の光ファイバによれば、側面からの紫外光干渉縞の照射によって、照射領域内のコアとクラッドの第1の領域とに干渉縞の縞間隔を周期とする屈折率の変化による回折格子が形成される。

【0014】この結果として得られるファイバ型回折格子では、紫外光が照射されて屈折率が増大したコアの部分の周囲のクラッドの第1の領域でも屈折率が増大しているため、局所的なコアの屈折率と径方向に関するその周辺部のクラッドの屈折率との比で決まる局所的なモードフィールド径の導波方向に関する変化が低減され、漏れ光が低減される。

【0015】また、第1の領域の外径はコアの外径の3倍以上あり、光ファイバの光の伝搬領域はコアの外径の3倍以下となることが一般的であるので、請求項1の光ファイバから上記のようにして作製されたファイバ型回折格子によれば、回折格子の形成領域が光の伝搬領域の大部分をカバーすることができ、モードフィールド径の導波方向に関する変化の低減による漏れ光の低減の効果を伝搬光の大部分に及ぼすことができる。

【0016】また、光の伝搬モードには、1次モードと高次モードとがあり、1次モード光はコア内を伝搬するが、高次モードは容易にクラッドへ抜けて行く。したがって、高次モードが回折格子を伝搬すると、漏れ光となり反射率の低下の原因となるほか、伝搬光の各種のモード同士の結合が発生し、所定の波長以外の波長の光も反射することになる。こうした高次モードの伝搬は、クラッドの屈折率分布が径方向で減少する場合に顕著に現れる。

【0017】請求項1の光ファイバから上記のようにして作製されたファイバ型回折格子によれば、クラッドの屈折率は光の伝搬領域の大部分を占める領域で、屈折率が径方向に関して減少せず、少なくとも一部では増加するので、回折格子中の高次モードの伝搬が有効に低減され、所定波長の光を効率良く反射できるとともに、所定波長以外の波長の光の反射を低減する。

【0018】請求項2の光ファイバは、請求項1の光ファイバにおいて、クラッドが第1の領域に密着し、第1の領域の周囲に形成された第2の領域を更に備え、第1の領域の屈折率分布は径方向について単調増加であるとともに、第2の領域の屈折率は第1の領域の最大屈折率以上の屈折率を有することを特徴とする。

【0019】請求項2の光ファイバの側面からの紫外光干渉縞の照射によって、照射領域内のコアとクラッドの第1の領域とに干渉縞の縞間隔を周期とする屈折率の変化による回折格子を形成して得られるファイバ型回折格子では、回折格子形成部の第1の領域における径方向での屈折率が単調に増大し、かつ、第1の外側の第2の領域の屈折率が第1の領域の最大屈折率以上の屈折率を有するので、高次モードの伝搬を効率良く抑制できる。

【0020】請求項3の光ファイバは、請求項1の光ファイバにおいて、第1の領域にはフッ素が更に添加されていることを特徴とする。

【0021】請求項1の光ファイバによれば、屈折率低下材であり、添加濃度の制御が容易、すなわち、屈折率の制御が容易なフッ素が第1の領域に添加されるので、第1の領域への屈折率増大材である酸化ゲルマニウムが添加していても所望の屈折率のクラッドの第1の領域を実現することができる。

【0022】請求項4の光ファイバは、請求項1の光ファイバにおいて、第1の領域の各部位の酸化ゲルマニウムの添加濃度は、いずれの部位においても前記コアの酸化ゲルマニウムの添加濃度以下であることを特徴とする。

【0023】紫外光の照射前後におけるコアの屈折率とクラッドのコア周辺部の屈折率との比を略同一とすることが、モードフィールド径の軸方向における変化を起こさないためには好ましい。

【0024】酸化ゲルマニウム添加の石英ガラスの紫外光照射による屈折率変化が高々 $10^{-3}$ 程度、かつ、コアとクラッドとの屈折率差が1程度であることを鑑みれば、コアへの酸化ゲルマニウムの添加濃度と第1の領域への酸化ゲルマニウムの添加濃度は同程度であることが好ましい。しかしながら、コアの屈折率が第1の領域の屈折率よりも高いので、第1の領域への酸化ゲルマニウムの添加濃度がコアへの酸化ゲルマニウムの添加濃度よりも高ければ、紫外光の照射前後におけるコアの屈折率とクラッドのコア周辺部の屈折率との比が必ず不一致となる。

【0025】したがって、第1の領域の各部位の酸化ゲ

ルマニウムの添加濃度は、いずれの部位においても前記コアの酸化ゲルマニウムの添加濃度以下であることが好ましい。

【0026】請求項5のファイバ型回折格子は、(a)酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラスから成り、第1の屈折率と第1の外径とを有し、所定部分に光の伝搬方向に沿って屈折率が所定の周期で変化する回折格子を備えるコアと、(b)コアに密着して、コアの周囲に形成され、第1の外径の3倍以上の径である第2の外径を有し、酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラスから成り、屈折率が径方向で減少せず、少なくとも一部では増加する屈折率分布を有し、前記コアの前記所定部分の周囲部に光の伝搬方向に沿って屈折率が前記所定の周期で変化する回折格子を備える第1の領域を備えるクラッドとを備えることを特徴とする。

【0027】請求項5のファイバ型回折格子は、請求項1の光ファイバの所定部分に、側面から紫外光干渉縞を照射して作製されるファイバ型回折格子である。したがって、上述のように、請求項5のファイバ型回折格子によれば、所定波長の光を効率良く反射できるとともに、所定波長以外の波長の光の反射を低減する。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。なお、図面の説明にあたって同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0029】(第1実施形態)図1は、本発明の光ファイバの第1実施形態の構成図である。図1に示すように、この光ファイバは、(a)酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラスから成り、屈折率 $n_1$ を有するコア100と、(b)コア100に密着して、コア100の周囲に形成され、コア100の外径の3倍以上の外径を有し、コアへの添加濃度以下の添加濃度であって、径方向で増大する添加濃度の酸化ゲルマニウムと略一定濃度のフッ素とが添加された石英ガラスから成り、コア100との界面での屈折率が $n_2$ であり、外周面での屈折率が $n_3$ であるクラッド210とを備える。

【0030】本実施形態の光ファイバの所定領域に紫外光が照射されて、回折格子300が形成され、本発明の第1実施形態のファイバ型回折格子が得られる。

【0031】紫外光の照射は、以下のホログラフィック法や位相格子法によって行われる。

【0032】図2は、ホログラフィック法による回折格子の形成の説明図である。図2に示すように、干渉機構740を用いて干渉空間750を生成するように、光源730から出射された紫外光を干渉させ、この干渉空間750に光ファイバを設置する。光源730は、SHG(高調波発生器)アルゴンレーザやKrFエキシマレーザ等であり、所定波長を有するコヒーレントな紫外光を出射する。干渉機構740は、ビームスプリッタ741

及びミラー742、743で構成されている。ビームスプリッタ741は、光源730からの紫外光を二つの分岐光に二分岐させる。ミラー742及び743は、ビームスプリッタ741からの分岐光をそれぞれ反射し、光ファイバの軸方向に対して所定角度 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ でそれぞれ入射して共面ビームとして相互に干渉させる。コア100および内層クラッド210は、上述したように酸化ゲルマニウムがドーブされており、紫外光の照射により屈折率が変化する。なお、二つの分岐光の入射角度 $\theta_1$ 及び $\theta_2$ は相互に補角であり、これらの和( $\theta_1 + \theta_2$ )は $180^\circ$ になる。

【0033】図3は、位相格子法による回折格子の形成の説明図である。図3に示すように、光ファイバを位相格子760に隣接して設置し、光源730から出射された紫外光を位相格子760表面の法線方向に対して所定角度 $\theta$ で入射させる。光源730は、SHGアルゴンレーザやKrFエキシマレーザ等であり、これらは所定波長を有するコヒーレントな紫外光を出射する。位相格子760は、所定周期で格子を配列して形成されている。コア190および内層クラッド291は、上述したように酸化ゲルマニウムがドーブされており、紫外光の照射により屈折率が変化する。

【0034】図4は、本発明の第1実施形態のファイバ型回折格子における屈折率分布の説明図である。図4では、紫外光の非照射部の径方向の屈折率分布と、紫外光の最大照射部の径方向の屈折率分布を例示している。図4から、紫外光の照射による純石英ガラスに対する比屈折率差の変化が $10^{-3}$ 程度であり、純石英ガラスの屈折率が1程度であることから、コア100の屈折率とクラッド210の屈折率との比が各軸方向の点において略一定となることが確認される。

【0035】図4に示すファイバ型回折格子は、入力した所定波長の光を回折格子部で反射するが、クラッド210の外径はコア100の外径の3倍以上であり、紫外光照射前のクラッド210の屈折率分布を径方向で増大させることとしたので、回折格子部に入射した所定波長の光を効率良く反射するとともに、高次モードの光の伝搬を抑制するので、所定波長以外の波長の光の反射が抑制される。

【0036】(第2実施形態)図5は、本発明の光ファイバの第2実施形態の構成図である。図2に示すように、この光ファイバは、(a)酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラスから成り、屈折率 $n_1$ と外径 $a$ を有するコア100と、(b)コア100に密着して、コア100の周囲に形成され、外径 $b(>3a)$ を有し、コアへの添加濃度よりも低い添加濃度の酸化ゲルマニウムとフッ素とが添加された石英ガラスから成り、径方向で単調に増加する屈折率 $n_2(r)$ を有する内層クラッド220と、(c)内層クラッド220に密着して、内層クラッド220の周囲に形成され、外径 $125\mu m$ を有

し、 $n_2$  (b,  $\angle 2$ ) よりも高い屈折率  $n_3$  (r) を有する石英径ガラスから成る外層クラッド 230 とを備える。

【0037】本実施形態の光ファイバの所定領域に紫外光が照射されて、回折格子が形成され、本発明の第2実施形態のファイバ型回折格子が得られる。

【0038】紫外光の照射は、第1実施形態と同様にホログラフィック法や位相格子法によって行われる。

【0039】図6は、本発明の第2実施形態のファイバ型回折格子の構成図である。図6では、紫外光の非照射部の径方向の屈折率分布と、紫外光の最大照射部の径方向の屈折率分布を例示している。図6から、紫外光の照射による純石英ガラスに対する比屈折率差の変化が  $10^{-3}$  程度であり、純石英ガラスの屈折率が1程度であることから、コア100の屈折率と内層クラッド220の屈折率との比が各軸方向の点において略一定となることが確認される。

【0040】図6に示すファイバ型回折格子は、入力した所定波長の光を回折格子部で反射するが、クラッド210の外径はコア100の外径の3倍以上であり、紫外光照射前の内層クラッド220の屈折率を径方向で単調増加とし、外層クラッド230の屈折率を内層クラッドのどの部位よりも高くしたので、回折格子部に入射した所定波長の光を効率良く反射するとともに、高次モードの光の伝搬を抑制するので、所定波長以外の波長の光の反射が抑制される。

【0041】

【実施例】本発明者は、上記の実施形態に基づいて、以下のような光ファイバを製造し、この光ファイバを使用してファイバ型回折格子の製造を実施し、反射率を測定した。

【0042】図7は、ファイバ型回折格子の反射率測定を行うシステムの構成図である。図7に示すように、このシステムは、光源870、ファイバ型回折格子及び光スペクトルアナライザ890を光カプラ880で光結合して構成されている。

【0043】光源70は通常の発光ダイオード等であり、ファイバ型回折格子における反射波長  $\lambda_R$  を有する光成分を含む光を出射する。光カプラ880は通常の溶融延伸型ファイバカプラであり、光源870からの入射光をファイバ型回折格子に出力すると共にファイバ型回折格子からの反射光を光スペクトルアナライザ890に出力する。光スペクトルアナライザ890は、ファイバ型回折格子からの反射光における波長と光強度との関係を検出する。なお、ファイバ型回折格子の開放端は、マッチングオイル860中に浸されている。このマッチングオイル860は、通常の屈折率整合液であり、不要な反射光成分を除去している。

【0044】図7のシステムによれば、光源870から出射された光は、光カプラ880を介してファイバ型回

折格子に入射する。ファイバ回折格子では、回折格子300が特定波長の光成分を反射する。ファイバ型回折格子から出射された光は、光カプラ880を介して光スペクトルアナライザ890で受光される。光スペクトルアナライザ890では、波長と光強度とからなるファイバ型回折格子の反射スペクトルが検出される。

【0045】図8は、実施例の光ファイバの構成図である。図8に示すように、この光ファイバは、(a) ゲルマニウムが6重量%の濃度で添加された石英ガラスから成り、純石英に対する比屈折率差  $\Delta n_1$  が約0.35%のコア101と、(b) ゲルマニウムが0~6重量%で径方向で線形に変化する濃度で、フッ素が1.62重量%の濃度で添加された石英ガラスから成り、純石英に対する比屈折率差  $\Delta n_2$  が-0.6~-0.25%で径方向で線形に変化する、コア101の外径の略7倍の外径の内層クラッド222と、(c) 実質的に石英ガラスのみから成るコア101の外径の略1.5倍の外径の内層クラッド232とを備える。

【0046】この光ファイバに、図2に示したホログラフィック法または図3に示した位相格子法により、1.55  $\mu\text{m}$  に反射波長を有する回折格子を形成し、ファイバ型回折格子を得た。図9は、このファイバ型回折格子における屈折率分布の説明図である。図9では、紫外光の非照射部の径方向の屈折率分布と、紫外光の最大照射部の径方向の屈折率分布を例示している。

【0047】図9のファイバ型回折格子の反射率の波長依存性を図7のシステムで測定した。図10は、本実施例におけるファイバ型回折格子の反射率の波長依存性の測定結果を示すグラフである。

【0048】図10から、本実施例におけるファイバ型回折格子の反射率は、1.55  $\mu\text{m}$  の波長の光に関しては略100%であり、かつ、1.0~1.6  $\mu\text{m}$  の波長範囲において1.55  $\mu\text{m}$  の反射率ピーク以外の回折格子に起因した損失ピークは見出されなかった。

【0049】本発明者は、上記の実施例と比較するため、以下のような比較例のファイバ型回折格子を製造し、反射率を測定した。

【0050】図11は、第1実施例の光ファイバの構成図である。本実施例は第1実施形態に関する実施例である。図11に示すように、この光ファイバは、(a) ゲルマニウムが6重量%の濃度で添加された石英ガラスから成り、純石英に対する比屈折率差  $\Delta n_1$  が約0.35%のコア101と、(b) 実質的に石英ガラスのみから成り、コア101の外径の略1.5倍の外径のクラッド213とを備える。

【0051】この光ファイバに、図2に示したホログラフィック法または図3に示した位相格子法により、1.55  $\mu\text{m}$  に反射波長を有する回折格子を形成し、ファイバ型回折格子を得た。図12は、このファイバ型回折格子における屈折率分布の説明図である。図12では、紫

10

20

30

40

50

外光の非照射部の径方向の屈折率分布と、紫外光の最大照射部の径方向の屈折率分布を例示している。

【0052】図12のファイバ型回折格子の反射率の波長依存性を図7のシステムで測定した。図13は、本実施例におけるファイバ型回折格子の反射率の波長依存性の測定結果を示すグラフである。

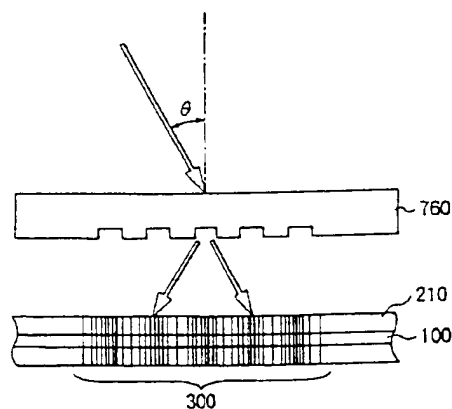
【0053】図13から、本実施例におけるファイバ型回折格子の反射率は、 $1.55\mu\text{m}$ の波長の光に関しては略90%であり、かつ、 $1.0\sim 1.6\mu\text{m}$ の波長範囲において、 $1.55\mu\text{m}$ の反射率ピーク以外に短波長側に反射率ピークが観測された。これは、回折格子において1次モードから高次モードに変換された光が反射された結果と推測される。

【0054】

【発明の効果】以上、詳細に説明した通り、本発明の光ファイバは、クラッドのコア側の領域であって、外径がコアの外径の3倍以上の領域に酸化ゲルマニウムを添加するとともに、クラッドの酸化ゲルマニウム添加領域では、径方向で屈折率が減少せず、少なくとも一部で増加する屈折率分布としたので、この光ファイバの側面から紫外光の干渉縞を照射することにより、所定の波長の光の反射率が十分大きく、所定の波長以外の波長の反射を抑制したファイバ型回折格子を作製することができる。

【0055】また、本発明のファイバ型回折格子によれば、酸化ゲルマニウムが添加されたコアの所定部分と、その周辺のクラッドのコア側の領域であって、外径がコアの外径の3倍以上の酸化ゲルマニウム添加領域に回折格子を形成したので、所定の波長の光の反射率が十分大きく、所定の波長以外の波長の反射を抑制して光を伝搬することができる。

【図3】



【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態の光ファイバの構成図である。

【図2】ホログラフィック法による回折格子書き込みの説明図である。

【図3】位相格子法による回折格子書き込みの説明図である。

【図4】本発明の第1実施形態のファイバ型回折格子の構成図である。

【図5】本発明の第2実施形態の光ファイバの構成図である。

【図6】本発明の第2実施形態のファイバ型回折格子の構成図である。

【図7】ファイバ型回折格子の反射率測定システムの構成図である。

【図8】本発明の実施例の光ファイバの構成図である。

【図9】本発明の実施例のファイバ型回折格子の構成図である。

【図10】実施例におけるファイバ型回折格子の反射率の波長依存性の測定結果を示すグラフである。

【図11】比較例の光ファイバの構成図である。

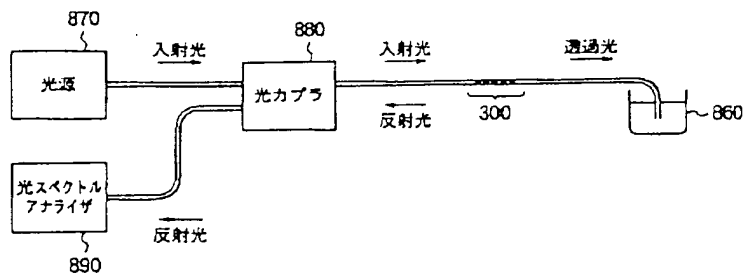
【図12】比較例のファイバ型回折格子の構成図である。

【図13】比較例におけるファイバ型回折格子の反射率の波長依存性の測定結果を示すグラフである。

【符号の説明】

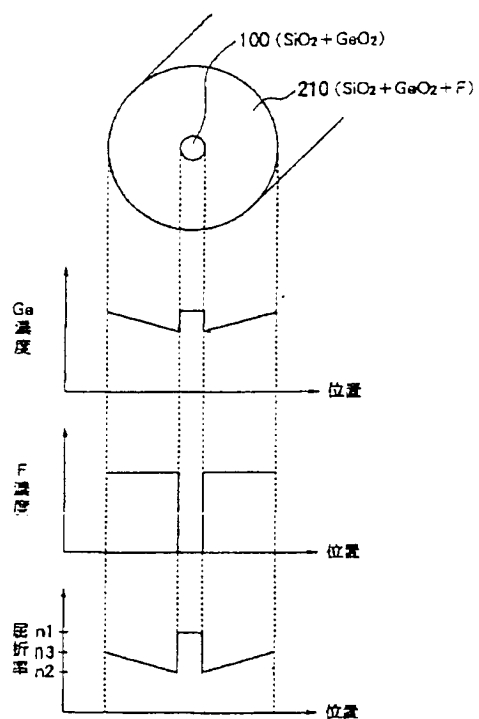
100、101…コア、210、213…クラッド、220、222…内層クラッド、230、232…外層クラッド、300…回折格子。

【図7】

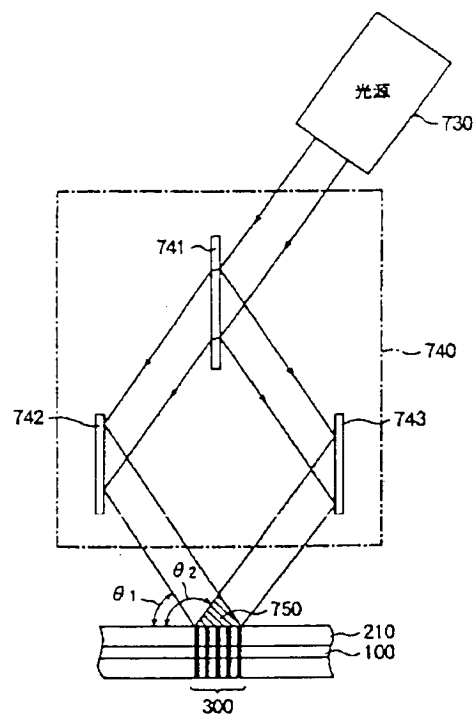




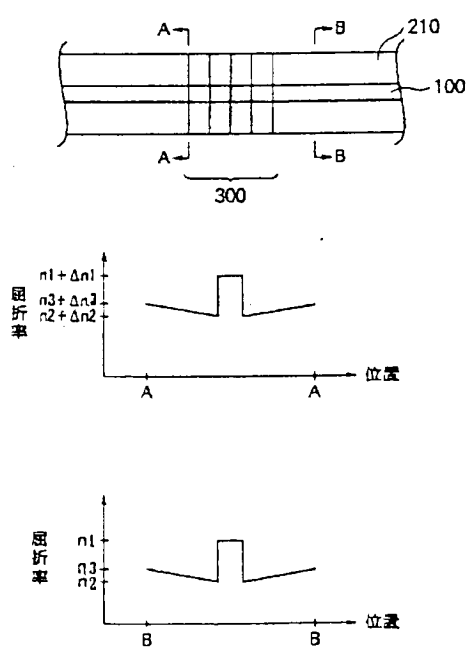
【図1】



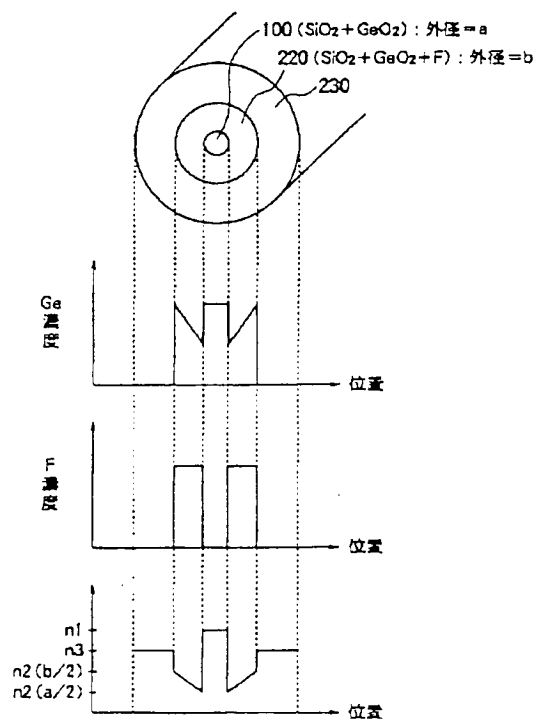
【図2】



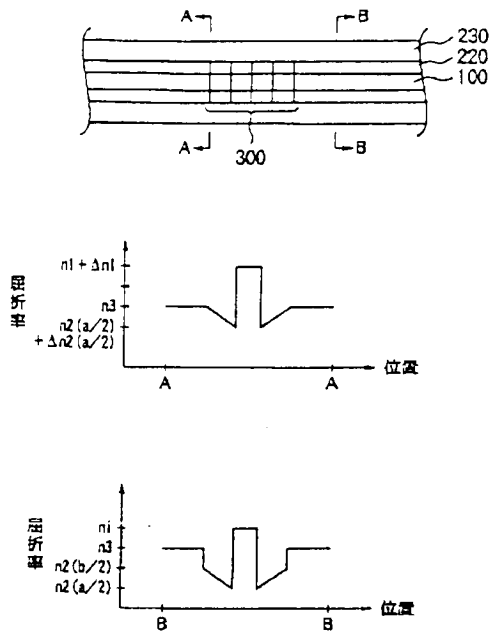
【図4】



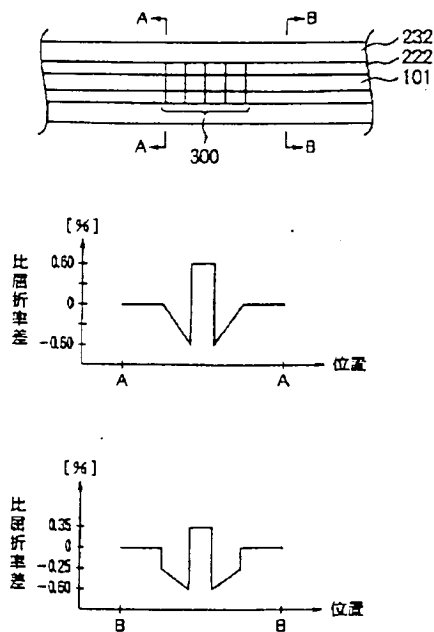
【図5】



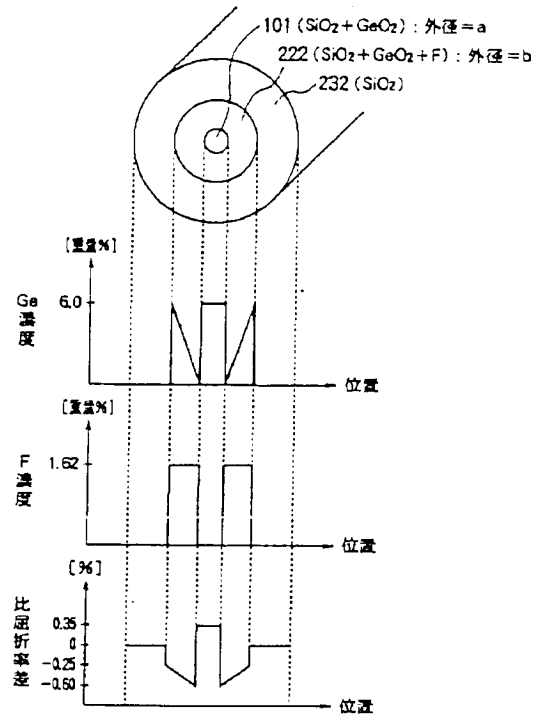
【図 6】



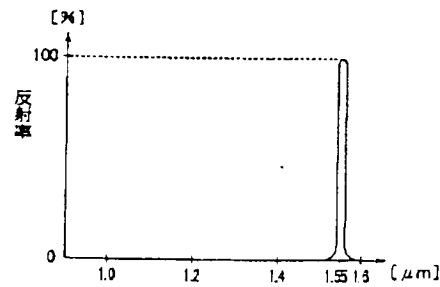
【図 9】



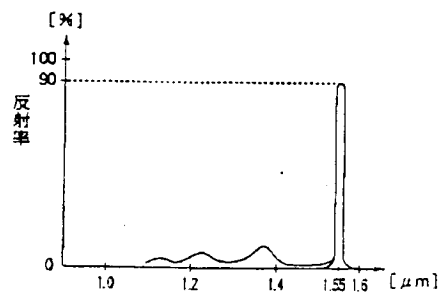
【図 8】



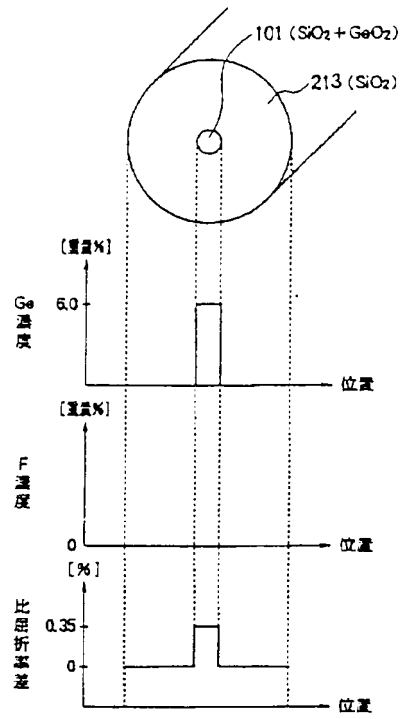
【図 10】



【図 13】



【図 1 1】



【図 1 2】

